

下肢血流限制对不同架势太极拳练习生理学强度和神经肌肉疲劳特征的影响

李羽茜¹, 邓鉴峰¹, 王振宇¹, 殷明越¹, 黎涌明^{1, 2}

1. 上海体育大学, 上海 200438

2. 国家体育总局体育科学研究所, 北京 100061

摘要: **目的:** 太极拳练习有高、中、低三种架势, 其中低架练习对有氧和无氧运动能力提高以及最大运动能力的维持具有更为有效的改善作用。然而, 低架练习强度最大, 对练习者的下肢肌肉力量和机体代谢水平要求较高, 中、高架练习强度较小, 但难以达到低架练习的刺激效果。血流限制训练是指在运动期间通过加压装置(一般为气动袖带或弹性绷带)对肢体(上肢和或下肢最近端)进行外部加压, 使静脉血流闭塞的同时部分阻塞动脉血流的新型训练方法, 其能在较低运动强度下产生类似于高强度的训练效果。大量研究已经证实了结合血流限制的有氧运动可以在低强度下改善有氧能力并引起有益的肌肉适应, 但有氧运动方案多为步行、跑步、自行车等, 在太极拳中的训练效果还尚不清楚。因此, 本研究旨在探究结合下肢血流限制的中架练习与中、低架太极拳练习的生理学强度和神经肌肉疲劳特征的差异, 为寻求低架太极拳练习的替代练习提供理论依据。**方法:** 20名上海体育大学的大学生(N=20, 10男+10女, ≥国家一级(包括7名运动健将), 年龄 21.6 ± 1.6 岁, 身高 171.0 ± 8.2 cm, 体重 66.1 ± 12.4 kg, 训练年限 6.1 ± 2.6 年, 每周训练次数 4.3 ± 2.6 次)自愿随机参加了中架、结合下肢血流限制的中架(中架BFR)、低架三次不同形式的42式太极拳竞赛套路练习, 各练习均在音乐伴奏下完成, 每次测试间隔 ≥ 48 h。受试者被要求在测试前一天不可进行剧烈运动, 测试当天正常饮食。使用便携式气体代谢仪(MetaMax3B, Cortex, Germany)和心率带(Polar H9, Polar Electro, Finland)对受试者套路练习的全程以及练习结束后6min的呼吸气体(breath by breath)和心率进行测量, 分别采集练习开始前和练习结束后1、3、5min的耳垂毛细血管血 $10\mu\text{L}$ 进行血乳酸分析(Biosen S_Line EKF Diagnostic, Germany), 分别在练习前、练习后使用应用程序My Jump测量反向纵跳高度, 使用Brog 6-20级量表采集主观疲劳度。中架与低架视线平视高度的计算方法为 0.89 、 0.81 乘以正常身高, 再减去 8cm , 受试者的前、后、左、右、右斜前方及左斜后方均设有红色架势标志点, 工作人员对受试者的拳架高度和练拳速度进行实时监控, 若存在偏差即刻进行提醒。血流限制测试需在测试前, 受试者静坐 10min 后使用电子血压计(YuWell, YE655A, China)测量血压, 使用皮尺测量

优势腿大腿围。测试前在两侧大腿最近端（最靠近腹股沟褶皱处）佩戴气动加压带（80%动脉闭塞压），动脉闭塞压计算公式为 $5.893 * (\text{大腿周长}) + 0.734 * (\text{舒张压}) + 0.912 * (\text{收缩压}) - 220.046$ ，测试结束后即刻摘除加压带。所有数据用平均值 \pm 标准差（M \pm SD）表示，采用单因素重复测量方差分析对比三种练习的心率、摄氧量、通气量、反向纵跳高度的差异，采用弗里德曼检验分析对比血乳酸、主观疲劳度指标，均选取 $P < 0.05$ 作为显著性水平。结果：中架、中架 BFR、低架练习的平均心率分别为 131.10 ± 15.32 bpm、 136.35 ± 15.86 bpm、 147.60 ± 12.18 bpm。三种练习方式的心率差异具有统计学意义， $F(2, 38) = 12.231$ ， $P < 0.001$ 。其中，低架练习的平均心率显著高于中架、中架 BFR 练习（ $P < 0.001$ ），中架与中架 BFR 练习的平均心率没有显著性差异（ $P > 0.05$ ）。中架、中架 BFR、低架练习的平均摄氧量分别为 19.75 ± 3.09 ml/min/kg、 19.15 ± 2.35 ml/min/kg、 22.35 ± 2.96 ml/min/kg。三种练习方式的摄氧量差异具有统计学意义， $F(2, 38) = 28.095$ ， $P < 0.001$ ，低架练习的平均摄氧量显著高于中架、中架 BFR 练习（ $P < 0.05$ ），中架与中架 BFR 练习之间没有显著性差异（ $P > 0.05$ ）。中架、中架 BFR、低架练习的平均通气量分别为 35.13 ± 7.00 L/min、 36.42 ± 7.16 L/min、 41.99 ± 10.13 L/min，三种练习方式的通气量差异具有统计学意义， $F(2, 38) = 28.095$ ， $P < 0.001$ ，低架练习的平均通气量显著高于中架练习、中架 BFR 练习（ $P < 0.05$ ），中架练习、中架 BFR 练习的平均通气量没有显著性差异（ $P > 0.05$ ）。中架、中架 BFR、低架练习的峰值血乳酸中位数分别为 2.24 mmol/L、 2.18 mmol/L、 3.11 mmol/L。三种练习的峰值血乳酸值的差异有统计学意义（ $\chi^2 = 15.100$ ， $P < 0.001$ ），其中，低架练习的峰值血乳酸显著高于中架、中架 BFR 练习（调整后 $P = 0.001$ ， $P = 0.008$ ），中架与中架 BFR 练习的峰值血乳酸没有显著性差异（ $P > 0.05$ ）。中架、中架 BFR、低架练习的主观疲劳度中位数分别为 11.00 、 11.50 、 12.00 。三种练习的主观疲劳度差异有统计学意义（ $\chi^2 = 13.821$ ， $P = 0.001$ ），其中，低架练习的主观疲劳度显著高于中架练习（调整后 $P = 0.006$ ），中架 BFR 与低架练习之间没有显著性差异（ $P > 0.05$ ）。中架、中架 BFR、低架练习的反向纵跳平均高度分别为 35.05 ± 9.67 cm、 33.37 ± 7.80 cm、 33.67 ± 9.79 cm，低架练习后的反向纵跳平均高度显著低于中架练习（ $P < 0.05$ ），中架练习、中架 BFR 练习的反向纵跳平均高度没有显著性差异（ $P > 0.05$ ）。结论：中架太极拳练习时，下肢血流限制难以诱导更高的强度。结合下肢血流限制的中架太极拳练习不能替代低架太极拳练习。

关键词：太极拳；架势；血流限制；心率；主观疲劳度